ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

**(муниципальный этап)**

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР**

возрастная группа (11 классы)

***Решения и система оценивания***

**Максимальная оценка – 56 баллов**

**Задание 1.** Два кислородсодержащих органических соединения, различающихся по составу только на один атом углерода, вступают в реакции с гидроксидом кальция и хлором. Однако одно из них реагирует с хлороводородом, а другое нет. Предложите возможные структуры веществ и напишите уравнения реакций.

Максимальный балл - 9

**Критерии оценивания:**

|  |  |
| --- | --- |
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию  (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
| Предложены два кислородсодержащих органических соединения, различающихся по составу только на один атом углерода, с соответствующими условию задания химическими свойствами | По 2 балла за каждое  = 4 баллов |
| Написаны 5 уравнений реакций (по 1 баллу за каждое уравнение) | 5 баллов |
| **ИТОГО:** | **9 баллов** |
|  |  |
| Один из вариантов ответа: |  |
| СН3 – СООН и СН2 = СН – СООН  Молекулярные формулы веществ:  Уксусная кислота С2Н4О2,  акриловая (пропеновая) кислота С3Н4О2 |  |
| 2СН3 – СООН + Са(ОН)2 → (СН3 – СОО)2Са + 2Н2О |  |
| 2СН2 = СН – СООН + Са(ОН)2 → (СН2 = СН – СОО2Са + 2Н2О |  |
| СН3 – СООН + Cl2 → СН2Cl – СООН + HCl |  |
| СН2 = СН – СООН + Cl2 → СН2Cl – СНCl – СООН |  |
| СН3 – СООН + HCl (реакция не идет) |  |
| СН2 = СН – СООН + НCl → СН2Cl – СН2 – СООН |  |

**Задание 2.**

На 67,4 г смеси оксида марганца (IV) с неизвестным оксидом состава ЭО2 подействовали избытком хлороводородной кислоты (оксид ЭО2 реагирует с хлороводородной кислотой так же, как и оксид марганца). При этом выделилось 14,87 л газа, измеренного при 20⁰С и давлении 100 кПа. Молярное соотношение неизвестного оксида и оксида марганца в смеси равно 1 : 5. Определите, что представляет собой неизвестный оксид и какова его масса в смеси.

Максимальный балл – 8

**Критерии оценивания:**

|  |  |
| --- | --- |
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию  (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
| MnO2 + 4HCl = Cl2 + MnCl2 + 2H2O (1) | 1 б |
| ЭO2 + 4HCl = Cl2 + ЭCl2 + 2H2O (2) | 1 б |
| n(Cl2) = PV/RT = 100 ∙ 14,87 / 8,314 ∙ 298 = 0,6 моль | 1 б |
| Пусть n(ЭО2) = х моль, n(MnО2) = 5х моль | 2 б |
| По уравнениям реакций  n(ЭО2) = n2(Cl2) = х моль, n(MnО2) = n1(Cl2) = 5х моль |
| х + 5х = 0,6 х = 0,1 моль |
| n(MnO2) = 0,5 моль | 1 б |
| m(MnO2) = 87 ∙ 0,5 = 43,5 г |
| m(ЭO2) = 67,4 – 43,5 = 23,9 г | 2 б |
| М(ЭO2) = 23,9 / 0,1 = 239 г/моль |
| М(Э) = 239 – 32 = 207 г/моль  Э – свинец |
| **ИТОГО:** | **8 баллов** |

**Задание 3.** На образец фосфора массой 15,5 г подействовали хлором, при этом выделилось 163 кДж теплоты и образовалась смесь хлоридов фосфора (III) и (V). К полученной жидкости добавили 800 г 17%-ного раствора гидроксида натрия. Определите массовые доли веществ в конечном растворе. Теплоты образования хлорида фосфора (III) и хлорида фосфора (V) равны 290 и 380 кДж/моль соответственно.

Максимальный балл – 15

**Критерии оценивания:**

|  |  |
| --- | --- |
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию  (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
| 2P + 3Cl2 = 2PCl3 |  |
| 2P + 5Cl2 = 2PCl5 |  |
| В условии задачи даны теплоты образования хлоридов фосфора, поэтому можно записать уравнения реакций: |  |
| P + 1,5Cl2 = PCl3 + 290 кДж/моль (1) | 1 б |
| P + 2,5Cl2 = PCl5 + 380 кДж/моль (2) | 1 б |
| n(исх. P) = 15,5 / 31 = 0,5 моль |  |
| Пусть n1( P) = х моль, n2( P) = y моль  x + y = 0,5  290x + 380y = 163  Решив систему уравнений, находим х = 0,3 моль, y = 0,2 моль | 3 б |
| При добавлении избытка раствора гидроксида натрия хлориды фосфора полностью гидролизуются с образованием средних солей |  |
| PCl5 + 8NaOH = Na3PO4 + 5NaCl + 4H2O (3) | 1 б |
| PCl3 + 5NaOH = Na2HPO3 + 3NaCl + 2H2O (4) | 1 б |
| После завершения реакций в растворе содержатся соли: |  |
| n3(Na3PO4) = 0,2 моль m(Na3PO4) = 0,2 ∙ 164 = 32,9 г | 1 б |
| n4(Na2HPO3) = 0,3 моль m(Na2HPO3) = 0,3 ∙ 126 = 37,8 г | 1 б |
| n3,4(NaCl) = 1,9 моль m(NaCl) = 1,9 ∙ 58,5 = 111,15 г | 1 б |
| n(NaOH исходн.) = 800 ∙ 0,17 / 40 = 3,4 моль | 1 б |
| n3,4(NaOH вступ.) = 1,6 + 1,5 = 3,1 моль | 1 б |
| n(NaOH оставш.) = 3,4 – 3,1 = 0,3 моль  m(NaOH оставш.) = 0,3 ∙ 40 = 12 г |
| m(получ. р-ра) = m(Р) + m(Cl2) + m(исх.р-раNaOH) = 15,5 + 67,45 + 800 = 882,95 г  Массу полученного раствора можно посчитать по сумме масс хлоридов фосфора и исходного раствора гидроксида натрия | 1 б |
| n1,2(Cl2) = (0,3∙1,5 + 0,2∙2,5) = 0,95 моль  m(Cl2) = 0,95 ∙ 71 = 67,45 г | 1 б |
| Рассчитаем массовые доли веществ, содержащихся в полученном растворе. |  |
| ω(Na3PO4) = 32,9 / 882,95 = 0,037 (или 3,7%) | 1 б |
| ω(Na2HPO3) = 37,8 / 882,95 = 0,043 (или 4,3%) |
| ω(NaCl) = 111,15 / 882,95 = 0,126 (или 12,6%) |
| ω(NaОН) = 12 / 882,95 = 0,014 (или 1,4%) |
| **ИТОГО:** | **15 баллов** |

**Задание 4.** В пробирках находятся водные растворы сульфида натрия, сульфата хрома (III), хлорида бария, нитрата меди (II), хлорида железа (III), сульфата аммония. Как, не используя никаких других реактивов, распознать, где какой раствор находится?

Максимальный балл – 16

**Решение:**

Для опытов отбираем небольшую порцию раствора (аликвоту) из каждой колбы и к каждому раствору добавляем раствор из какой-либо одной колбы. Наблюдаем признаки реакций и фиксируем их.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Na2S | Cr2(SO4)3 | BaCl2 | Cu(NO3)2 | FeCl3 | (NH4)2SO4 |
| Na2S | – | Cr(OH)3↓ H2S↑ |  | CuS↓ | S↓ 2FeS↓ | – |
| Cr2(SO4)3 | Cr(OH)3↓ H2S↑ | – | BaSO4↓ | – | – | – |
| BaCl2 |  | BaSO4↓ | – | – | – | BaSO4↓ |
| Cu(NO3)2 | CuS↓ | – | – | – | – | – |
| FeCl3 | S↓ 2FeS↓ | – | – | – | – | – |
| (NH4)2SO4 | – | – | BaSO4↓ | – | – | – |

1) 3Na2S + Cr2(SO4)3 + 6H2O = 3Na2SO4 + 2Cr(OH)3↓+ 3H2S↑ (серый осадок, газ с неприятным запахом)

2)Na2S + Cu(NO3)2 = CuS↓ + 2NaNO3 (черный осадок)

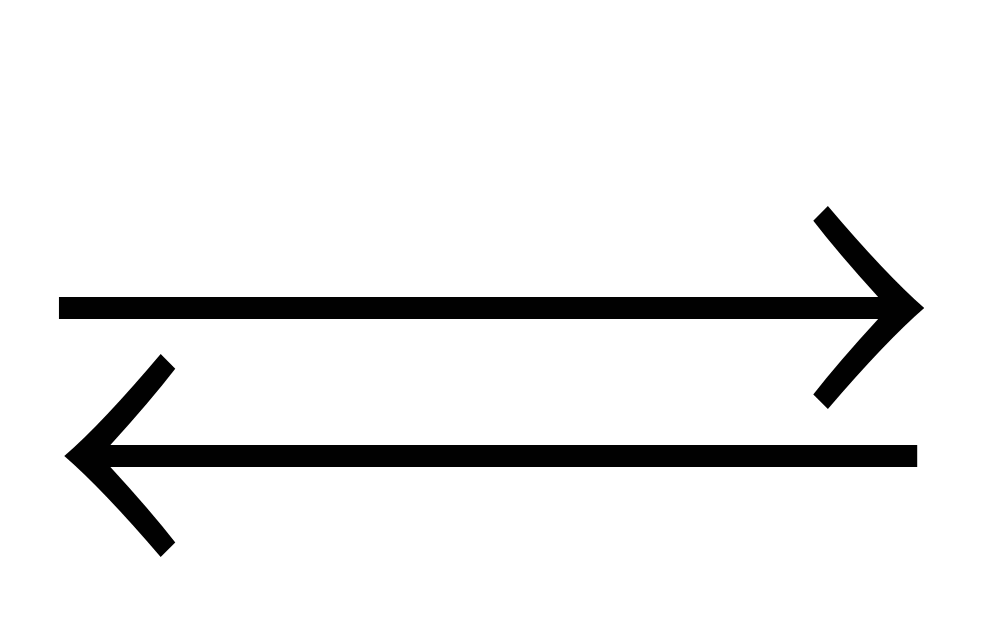
3) 3Na2S + 2FeCl3 = S↓ + 2FeS↓ + 6NaCl (желтый и черный осадки)

4) Cr2(SO4)3 + BaCl2 = CrCl3 + BaSO4↓ (белый осадок)

5) (NH4)2SO4 + BaCl2 = CrCl3 + BaSO4↓ (белый осадок)

6) Na2S + BaCl2 = BaS + 2NaCl

BaS в растворе гидролизуется [водой](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%B0) до гидросульфида:

2BaS + 2H2O  Ba(HS)2 + Ba(OH)2

{\displaystyle {\mathsf {2\ BaS+2\ H\_{2}O\longrightarrow \ Ba(HS)\_{2}+\ Ba(OH)\_{2}}}}Водные [растворы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%D1%80) BaS медленно окисляются [кислородом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4) [воздуха](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%85) с выделением [серы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D1%80%D0%B0):

2BaS + 2H2O + O2 → 2S + 2Ba(OH)2

{\displaystyle {\mathsf {2\ BaS+2\ H\_{2}O+O\_{2}\longrightarrow 2\ Ba(OH)\_{2}+2\ S\downarrow }}}

**Критерии оценивания:**

|  |  |
| --- | --- |
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию  (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |

|  |  |
| --- | --- |
| Составлен план определения веществ  (в виде таблицы или предложено описание) | 4 б |
| Составлены уравнения реакций (по 1 б) | 6 б |
| Указаны признаки предложенных реакций (1 б) | 6 б |
| **Итого:** | **16 б** |

**Задание 5.** К водному раствору двух солей (все ионы разные) добавили избыток соляной кислоты, при этом выделился бесцветный газ, обесцвечивающий подкисленный раствор перманганата калия. К оставшемуся раствору добавили избыток гидроксида кальция, при этом образовался осадок фосфата кальция, а в надосадочной жидкости оказались ионы Cl–, OH–, Ca2+, K+ и еще один ион. Установите, какой это ион, и определите, какие вещества находились в исходном растворе. Напишите уравнения протекающих реакций.

Максимальный балл – 8

**Критерии оценивания:**

|  |  |
| --- | --- |
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию  (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
| Один из вариантов ответа: |  |
| Так как надосадочной жидкости содержатся ионы Cl–, OH–, Ca2+, K+, можно определить, что в исходном растворе содержались ионы K+. Ионы OH– и Ca2+ содержатся в растворе, потому что был добавлен избыток раствора гидроксида кальция. |  |
| Определены соли, содержащиеся в исходном растворе  Na3PO4 и K3SO3 – по 2 балла | 4 б |
| K3SO3 + 2HCl = 2KCl + SO2 + H2O | 1 б |
| 5SO2  + 2KMnO4 + 2H2O = K2SO4 + 2MnSO4 + 2H2SO4 | 2 б |
| 2Na3PO4 + 3Са(ОН)2 = Са3(PO4)2 + 6NaОН | 1 б |
| **ИТОГО:** | **8 баллов** |

Оценка выполнения участником любого задания **не может быть отрицательной,** минимальная оценка, выставляемая за выполнение отдельно взятого задания **0 баллов.**

Итоговая оценка за выполнение заданий определяется путём сложения суммы баллов, набранных участником за выполнение заданий теоретического тура с последующим приведением к 100 балльной системе (определяется процент выполнения заданий участником от максимально возможного балла за выполнение заданий). Результат вычисления округляется до сотых.

Например.

Участник за выполнение всех заданий набрал 29 баллов.

29 / 56 (максимальный балл за выполнение всех заданий данного класса) ∙ 100 = 51,79.